

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 992 020 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.03.2003 Patentblatt 2003/12**

(21) Anmeldenummer: **96943096.6**

(22) Anmeldetag: **12.12.1996**

(51) Int Cl.7: **G06K 19/16, G06K 19/06**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP96/05562**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 98/026373 (18.06.1998 Gazette 1998/24)**

(54) **FLÄCHENMUSTER**

**SURFACE PATTERN**

**MODÈLE SUPERFICIEL**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB LI**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**12.04.2000 Patentblatt 2000/15**

(73) Patentinhaber: **OVD Kinegram AG**  
**6301 Zug (CH)**

(72) Erfinder:  
• **STAUB, René**  
**CH-6330 Cham (CH)**

• **TOMPKIN, Wayne, Robert**  
**CH-5408 Ennetbaden (CH)**

(74) Vertreter:  
**LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ & SEGETH**  
**Postfach 3055**  
**90014 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 238 043** **EP-A- 0 247 471**  
**EP-A- 0 712 012** **WO-A-88/05387**




Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).



## SURFACE PATTERN

**Patent number:** EP0992020  
**Publication date:** 2000-04-12  
**Inventor:** STAUB RENE (CH); TOMPKIN WAYNE ROBERT (CH)  
**Applicant:** OVD KINEGRAM AG (CH)  
**Classification:**  
- international: (IPC1-7): G06K19/16; G06K19/06  
- european: G06K19/06C5  
**Application number:** EP19960943096 19961212  
**Priority number(s):** WO1996EP05562 19961212

**Also published as:**

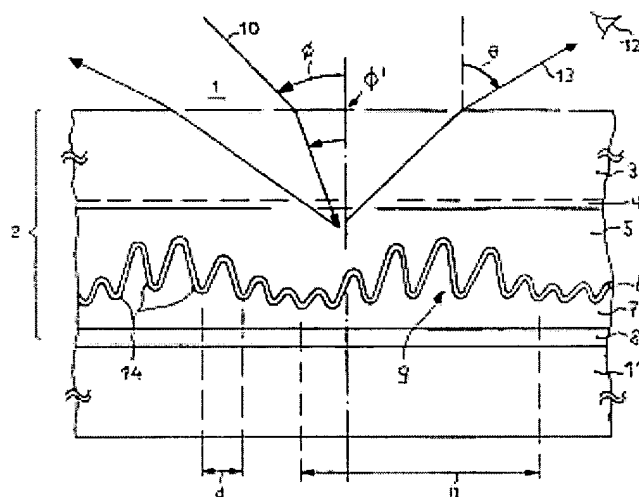
 WO9826373 (A1)  
 US6369947 (B1)  
 EP0992020 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for EP0992020

Abstract of corresponding document: **US6369947**

A surface pattern comprises microscopically fine relief structures that diffract visible light. When the surface pattern is illuminated perpendicularly with white light, the surface pattern appears with bright and dark regions from a first viewing direction. The length and/or position and/or number of bright and dark regions changes as the viewing angle changes. Preferably, the contour of the surface pattern is selected so that the length or position of the bright regions changes markedly when the viewing angle changes.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>G06K 19/16, 19/06</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/26373</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 18. Juni 1998 (18.06.98)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP96/05562 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 12. Dezember 1996 (12.12.96)  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> LANDIS & GYR TECHNOLOGY INNOVATION AG [CH/CH]; CH-6301 Zug (CH).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> STAUB, René [CH/CH]; Schmiedstrasse 6, CH-6330 Cham (CH). TOMPKIN, Wayne, Robert [CH/CH]; Rebhaldenweg 1, CH-5408 Ennetbaden (CH).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

**(54) Title: SURFACE PATTERN**

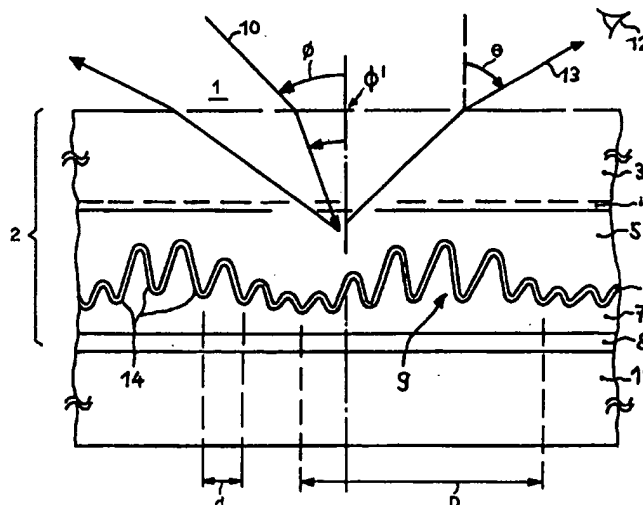
**(54) Bezeichnung: FLÄCHENMUSTER**

**(57) Abstract**

The invention concerns a surface pattern (1) comprising microscopically fine relief structures (9) which diffract visible light. When the surface pattern (1) is illuminated in a perpendicular manner with white light (10), the surface pattern (1) appears from a first viewing direction as a surface with bright and dark regions. The extension and/or position and/or number of bright and dark regions changes as the viewing angle ( $\theta$ ) changes. Preferably, the contour of the surface pattern (1) is selected such that the extension or position of the bright regions changes markedly when the viewing angle ( $\theta$ ) changes.

**(57) Zusammenfassung**

Ein Flächenmuster (1) weist die mikroskopisch feine, sichtbares Licht beugende Reliefstrukturen (9) auf. Das Flächenmuster (1) erscheint bei senkrechter Beleuchtung des Flächenmusters (1) mit weissem Licht (10) aus einer ersten Betrachtungsrichtung als eine Fläche mit hellen und dunklen Zonen. Die Ausdehnung und/oder die Lage und/oder die Anzahl der hellen und dunklen Zonen ändert mit der Änderung des Betrachtungswinkels ( $\theta$ ). Die Kontur des Flächenmusters (1) ist bevorzugt derart gewählt, dass die Ausdehnung oder die Lage der hellen Zonen bei einer Änderung des Betrachtungswinkels ( $\theta$ ) markant ändert.



BEST AVAILABLE COPY



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

BEST AVAILABLE COPY



Flächenmuster

Die Erfindung betrifft ein Flächenmuster der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

5 Solche Flächenmuster weisen eine mikroskopisch feine Reliefstruktur auf und eignen sich als optische Sicherheitselemente zur Erhöhung der Fälschungssicherheit von Wertpapieren, Ausweisen, Zahlungsmitteln und ähnlichen Gegenständen.

Ein Flächenmuster gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der europäischen Patentanmeldung EP 247 471 bekannt. Das Flächenmuster weist drei Teilflächen mit einer optisch wirksamen Beugungsstruktur auf. Diese Strukturen beugen sichtbares Licht entsprechend dessen Wellenlänge unter verschiedenen Beugungswinkeln. Die Profilhöhe der Furchen der drei Strukturen ist in jeder Teilfläche  
10 konstant, jedoch ist sie in jeder Teilfläche unterschiedlich so festgelegt, dass für einen bestimmten Beobachter die erste Struktur blaues Licht, die zweite Struktur grünes Licht und die dritte Struktur rotes Licht mit jeweils verschwindender bzw. möglichst geringer Beugungseffizienz beugt. Beim Kippen des Flächenmusters um eine zu den Furchen der Strukturen parallele Achse sollte nach der Lehre der Anmeldung also die erste Teilfläche bei einem ersten Betrachtungswinkel, die zweite Teilfläche bei  
15 einem zweiten Betrachtungswinkel und die dritte Teilfläche bei einem dritten Betrachtungswinkel dunkel erscheinen, d.h. ein schwarzer Punkt sollte beim kontinuierlichen Kippen sprunghaft seine Lage ändern. Beim Kippen des Flächenmusters ändert sich jedoch auch der Einfallswinkel des auftreffenden Lichtes und damit auch die optische Profilhöhe der Strukturen. Dabei ist die Bedingung, dass die vorbestimmte Spektralfarbe nicht oder nur mit sehr geringer Effizienz gebeugt wird, nicht mehr oder nur  
20 in Ausnahmefällen erfüllt. Weil die Profilhöhe entsprechend einem Minimum in der Beugungsintensität für eine vorbestimmte Spektralfarbe gewählt ist, sind auch die Teilflächen in den anderen Spektralfarben üblicherweise nur relativ schwach sichtbar. Ist die beleuchtende Lichtquelle zudem weit ausgedehnt, was bei diffusem Tageslicht im Freien oder unter einer Neonröhre der Fall ist, dann fällt das Licht nicht mehr aus einer einzigen definierten Einfallsrichtung, sondern aus vielen Einfallsrichtungen auf das Flächenmuster. Daher beugt das Flächenmuster gleichzeitig Licht verschiedener Farben in das Auge des  
25 Beobachters. Dieser Effekt wird noch durch die Rauigkeit des Substrates verstärkt. Insbesondere papierene Substrate weisen eine relativ raue Oberfläche auf. Betrachtet der Beobachter das Flächenmuster also z.B. aus einer Richtung, in die bei Beleuchtung mit einer Punktlichtquelle und glatter Oberfläche des Substrates nur grünes Licht gebeugt wird, dann wird bei ausgedehnter Lichtquelle und rauher  
30 Oberfläche des Substrates auch rotes und blaues Licht in diese Richtung gebeugt: Der gewünschte Effekt ist somit stark vermindert oder überhaupt nicht mehr erkennbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Flächenmuster mit Beugungsstrukturen vorzuschlagen, die optisch variable Effekte erzeugen, die unter nahezu beliebigen Beleuchtungsverhältnissen deutlich sichtbar und somit von der Person auf der Strasse leicht überprüfbar sind.

35 Die Erfindung besteht in den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Ausgestaltungen



ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

- Es zeigen:
- Fig. 1, 2 ein Flächenmuster im Querschnitt und in der Draufsicht,
  - Fig. 3a-c Beugungsintensitäten in Funktion der Wellenlänge des Lichtes,
  - 5 Fig. 4a, b das Flächenmuster bei Betrachtung unter ausgewählten Winkeln,
  - Fig. 5a-c Beugungsintensitäten eines weiteren Flächenmusters,
  - Fig. 6 eine Kennlinie,
  - Fig. 7 ein Diagramm,
  - Fig. 8 eine Art der Modulation der Profilhöhe des Flächenmusters und die Intensitäten
  - 10 des in die drei ersten Beugungsordnungen gebeugten Lichtes in Funktion der Profilhöhe,
  - Fig. 9a-c das Flächenmuster bei Betrachtung aus drei unterschiedlichen Beugungsordnungen zugeordneten Richtungen,
  - Fig. 10 das Flächenmuster mit einer Teilfläche, deren Kontur die Erkennung
  - 15 variierender optischer Effekte erleichtert,
  - Fig. 11 das Flächenmuster mit einer anderen Teilfläche mit gut erkennbaren variierenden optischen Effekten,
  - Fig. 12 ein Flächenmuster mit referenzierenden Elementen,
  - Fig. 13 ein Flächenmuster mit linienförmigen Elementen, und
  - 20 Fig. 14 ein weiteres Flächenmuster.

Stellvertretend für mathematische Methoden, Algorithmen und numerische Computerprogramme zur rigorosen Berechnung der Beugungseigenschaften metallischer Gitter seien noch erwähnt: Das Buch "Electromagnetic Theory of Gratings" von R. Petit, Springer Verlag, der Artikel "Rigorous coupled-wave analysis of metallic surface-relief gratings" von M. G. Moharam und T. K. Gaylord, erschienen im

25 Journal of the Optical Society of America A, Vol. 3(11), pp. 1780-1787, 1986, sowie das Softwarepaket "GSOLVER V2.0", das Berechnungen nach diesen Ansätzen ermöglicht.

Die Fig. 1 zeigt im nichtmassstäblichen Querschnitt ein erstes Flächenmuster 1 mit Beugungsstrukturen zur Erzeugung optisch variabler Effekte. Das Flächenmuster 1 ist als Schichtverbund 2 ausgebildet. Auf eine Trägerschicht 3 sind in der angegebenen Reihenfolge eine Zwischenschicht 4, eine erste Lack-

30 schicht 5, eine wenigstens teilweise reflektierende Reflexionsschicht 6, eine zweite Lackschicht 7 und eine Kleberschicht 8 aufgebracht. Die Schichten 3 bis 8 bilden den Schichtverbund 2. Zwischen den Lackschichten 5 und 7 sind mikroskopisch feine Reliefstrukturen 9 eingebettet, welche durch die Lackschicht 5 hindurch unter dem Einfallswinkel  $\phi$  auftreffendes Licht 10 beugen und mindestens teilweise reflektieren. Der Schichtverbund 2 wird auf ein zu schützendes Substrat 11, z.B. ein Dokument,

35 aufgeklebt, wobei die Kleberschicht 8 auf dem Substrat 11 aufliegt. Nach dem Aufkleben des Flächenmusters 1 auf das Substrat 11 wird die Trägerschicht 3 abgezogen. Ein Beobachter 12, der das Flächenmuster 1 aus einer Richtung betrachtet, die mit der Normalen auf das Flächenmuster 1 den Winkel  $\theta$



einschliesst, sieht das von der Seite der ersten Lackschicht 5 auf das Flächenmuster 1 auftreffende und an den Reliefstrukturen 9 reflektierte und unter dem Beugungswinkel  $\theta$  gebeugte Licht 13.

Die Dicke und der Brechungsindex  $n$  legen die optischen Eigenschaften der Reflexionsschicht 6 fest, z.B. ob die Reflexionsschicht 6 für sichtbares Licht teilweise durchsichtig und die Oberfläche des Substrates 11 sichtbar ist, oder ob die Reflexionsschicht 6 undurchsichtig ist.

Die Grenzfläche zwischen den Lackschichten 5 und 7 kann die Funktion der Reflexionsschicht 6 übernehmen, falls sich die Materialien für die Lackschichten 5 und 7 im Brechungsindex unterscheiden.

In einer einfachen Ausführung des Flächenmusters 1 bilden die Reliefstrukturen 9 innerhalb wenigstens einer Teilfläche ein Gitter G mit konstanter Linienzahl  $L$  und variierender geometrischer Profilhöhe  $h_g$ . Das Gitter G erstreckt sich in einer Ebene, deren kartesische Koordinaten mit  $x$  und  $y$  bezeichnet sind. In der Fig. 1 ist die  $x$ -Richtung senkrecht zur Zeichenebene orientiert und die Furchen 14 des Gitters G sind parallel zur  $x$ -Richtung gewählt. Die geometrische Profilform  $A$  des Gitters G ist durch eine Funktion  $A(x, y) = g(x, y) * F(x, y)$  beschreibbar, wobei die Funktion  $g(x, y)$  die Profilform eines Gitters G' mit konstanter Profilhöhe und die Funktion  $F(x, y)$  die Modulation der Profilhöhe des Gitters G' beschreibt. Z.B. gilt für ein sinusförmiges Gitter G' mit zur  $x$ -Achse parallelen Furchen 14

$$g(x, y) = \sin\left(\frac{2\pi}{d}(y - y_0)\right), \text{ wobei } d = 1/L \text{ den Abstand der Furchen 14 und } y_0 \text{ einen beliebigen Bezugspunkt bezeichnen. Die Modulationsfunktion } F(x, y) \text{ variiert langsam im Vergleich zum Abstand } d \text{ der Furchen 14 des Gitters G'. Die Modulationsfunktion } F \text{ kann aperiodisch oder periodisch sein. Bei einer periodischen Modulationsfunktion } F \text{ wird die Modulationslänge mit } D \text{ bezeichnet. Die Beugungseigenschaften des Flächenmusters 1 sind bestimmt durch die optischen Eigenschaften der Reflexionsschicht 6 und die optische Profilhöhe } h \text{ der Reliefstrukturen 9. Die optische Profilhöhe } h \text{ ist das Produkt aus der geometrischen Profilhöhe } h_g \text{ der Reliefstrukturen 9 und dem Brechungsindex } n \text{ der Lackschicht 5, die die Reliefstrukturen 9 auf der dem Betrachter zugewandten Seite bedeckt.}$$

#### Beispiel 1

Die Fig. 2 zeigt das Flächenmuster 1 mit der einzigen Teilfläche in der Draufsicht. Die Teilfläche ist ein Kreis 15 mit dem Radius  $R$ . Die Profilform des Gitters G' ist sinusförmig. Die optische Profilhöhe  $h$  des Gitters G im Mittelpunkt  $(x_0, y_0)$  des Kreises 15 beträgt 150 nm und nimmt gegen den Rand linear zu. Auf dem Rand des Kreises 15 beträgt die optische Profilhöhe  $h = 900$  nm. Die Profilhöhe des Gitters G' ist also mit einer aperiodischen, stückweise stetigen, rotationssymmetrischen Funktion  $F$  moduliert. Die geometrische Profilform  $A(x, y)$  des Gitters G kann beschrieben werden durch die Gleichung

$$A(x, y) = \frac{1}{n} \left( \frac{150}{2} \text{ nm} + \frac{750}{2} \text{ nm} * \frac{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}}{R} \right) * \sin\left(\frac{2\pi}{d}(y - y_0)\right) \text{ für } (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq R^2, (1)$$

wobei  $x$  und  $y$  die kartesischen Koordinaten eines beliebigen Punktes und  $x_0$  und  $y_0$  die kartesischen



Koordinaten des Mittelpunktes des Kreises 15 bezeichnen. Die geometrische Profilhöhe  $h_g$  der Gitterstruktur am Ort  $(x, y)$  beträgt dann  $h_g = \frac{2}{n} \left( 75\text{nm} + 375\text{nm} \cdot \frac{\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}}{R} \right)$ . Das

gewählte Beispiel entspricht einem Gitter G mit einer sinusförmigen Profilform, wobei die Profilhöhe von Furche 14 zu Furche 14 langsam ändert, da der Radius R typisch einige Millimeter beträgt.

- 5 Die Linienzahl ist mit  $L=1250$  Linien/mm vergleichsweise hoch gewählt und bewirkt, dass bei senkrechtem Einfall des weissen Lichts 10, d.h.  $\phi=0$ , innerhalb eines Betrachtungswinkelbereiches von  $\theta = 0^\circ$  bis  $60^\circ$ , unter dem der Beobachter 12 (Fig. 1) das Flächenmuster 1 normalerweise betrachtet, im sichtbaren Wellenlängenbereich abgesehen von der Spiegelreflexion nur eine einzige Beugungsordnung auftritt. Der Beobachter 12 sieht dann das Flächenmuster 1 z.B. unter einem Betrachtungswinkel von
- 10  $\theta \cong 35^\circ$  als blaue Fläche, unter einem Betrachtungswinkel von  $\theta \cong 45^\circ$  als grüne Fläche und unter einem Betrachtungswinkel von  $\theta \cong 55^\circ$  als rote Fläche. Bei stetiger Änderung des Betrachtungswinkels von  $\theta \cong 35^\circ$  bis  $\theta \cong 55^\circ$  findet natürlich ein kontinuierlicher Übergang in der Farbe statt. Wie nachfolgend erläutert wird, erscheint das Flächenmuster 1 nicht gleichmässig hell, sondern es sind, entsprechend der Rotationssymmetrie der Profilhöhe  $h(x, y)$ , konzentrische Ringe mit der dem Betrachtungswinkel  $\theta$
- 15 entsprechenden Farbe von unterschiedlicher Helligkeit und in unterschiedlicher Anzahl sichtbar.

- Der Klarheit wegen sei hier noch folgende Bemerkung angebracht. Die auftretenden optischen Effekte sind einerseits einfacher beschreibbar und leichter verständlich, wenn die Lage des Flächenmusters 1 bezüglich des einfallenden Lichtes 10 fixiert ist und der Beobachter 12 (Fig. 1) sich verschiebt, um seinen Betrachtungswinkel dem gewünschten Beugungswinkel  $\theta$  anzupassen. Andererseits wird eine
- 20 Person auf der Strasse üblicherweise nicht ihren Kopf hin- und herbewegen, um die hier beschriebenen Effekte zu verifizieren, sondern das Flächenmuster 1 kippen und/oder drehen.

- Die Fig. 3a bis 3c zeigen die Intensität des in die erste Beugungsordnung gebeugten Lichtes für die drei ausgewählten Wellenlängen  $\lambda_1 = 420$  nm (blau),  $\lambda_2 = 550$  nm (grün) und  $\lambda_3 = 690$  nm (rot) in Funktion der optischen Profilhöhe  $h$ . Die Intensitätskurven sind gemäss der eingangs zitierten rigorosen Theorie
- 25 berechnet und gelten für unpolarisiertes Licht, das senkrecht auf das Flächenmuster 1 auftrifft, wobei der Berechnung als Material für die Reflexionsschicht 6 Aluminium und als Brechungsindex der Lack-schicht 5 ein Wert von  $n = 1.5$  zugrunde gelegt wurden. Bei  $\lambda_1 = 420$  nm (blau) treten im Bereich der optischen Profilhöhe  $h$  von 150 nm bis 900 nm vier helle Zonen auf. Bei  $\lambda_2 = 550$  nm (grün) und  $\lambda_3 = 690$  nm (rot) treten hingegen nur zwei helle Zonen auf, deren Breite und Lage jedoch unterschiedlich ist.

- 30 Bei kontinuierlicher Vergrösserung des Betrachtungswinkels von  $\theta = 35^\circ$  auf  $55^\circ$  sieht der Beobachter 12 somit, wie auf dem fixierten Flächenmuster 1 helle kreisförmige Ringe kontinuierlich gegen den Rand wandern, wobei die Farbe der Ringe das Regenbogenspektrum von blau bis rot durchläuft, die Anzahl der hellen Ringe abnimmt und die Breite der hellen Ringe leicht zunimmt. Zur Illustration zeigen die beiden Fig. 4a und b das Flächenmuster 1 bei Betrachtung unter den ausgewählten Winkeln  $\theta = 35^\circ$



und  $\theta = 55^\circ$ . Im ersten Fall leuchten vier helle blaue Kreisringe 30, im zweiten Fall nur noch zwei helle rote Kreisringe 30.

Beim Kippen des Flächenmusters 1 um eine zu den Furchen 14 des Gitters parallele Achse ändert der Einfallswinkel  $\phi$  (Fig. 1) des auftreffenden Lichtes 10. Auf das ruhende Auge des Beobachters trifft  
5 dann nacheinander das in die erste Beugungsordnung gebeugte Licht 13 einer anderen Spektralfarbe. Die Änderung des Einfallswinkels  $\phi$  bedeutet aber, dass die wirksame optische Profilhöhe  $h$  entsprechend dem Kosinus des Einfallswinkels  $\phi'$  (Fig. 1) in der Lackschicht 5 kleiner wird. Dies hat zur Folge, dass bei verschiedenen Betrachtungswinkeln  $\theta(\phi)$ , bei denen dieselbe Farbe erkannt wird, bereits infolge dieses Kippens allein die Breite und Helligkeit der hellen Zonen leicht ändert. Die Verkleinerung der  
10 wirksamen optischen Profilhöhe ist begrenzt auf einen Bruchteil der optischen Profilhöhe  $h$ , da bei einer Änderung des Einfallswinkels  $\phi$ , z.B. von  $0^\circ$  auf  $30^\circ$ , der Winkel  $\phi'$  in der Lackschicht 5 typischerweise von  $0^\circ$  auf  $20^\circ$  ändert und der Kosinus des Einfallswinkels  $\phi'$  um typisch 6 Prozent ändert. Somit bleiben die beschriebenen optischen Effekte qualitativ erhalten.

Bei Beleuchtung des Flächenmusters 1 unter normalen Beleuchtungsbedingungen, d.h. mit einer winkelmässig ausgedehnten Lichtquelle, z.B. bei Tageslicht im Freien oder unter einer Neonröhre, ist der  
15 Einfallswinkel  $\phi$  (Fig. 1) des Lichtes 10 nicht scharf definiert, sondern umfasst einen grösseren Winkelbereich. Demzufolge beugt das Flächenmuster 1 in die dem Betrachtungswinkel  $\theta$  zugeordnete Richtung nicht das Licht einer einzigen Spektralfarbe, sondern Licht, das aus benachbarten Spektralfarben zusammengesetzt ist. Wegen der hohen Linienzahl von 1250 Linien/mm liegen die stark verschiedenen  
20 Farben winkelmässig weit auseinander, d. h. die sich in einer Betrachtungsrichtung überlagernden Spektralfarben weisen verwandte Farbtöne, z.B. vorwiegend rötliche oder vorwiegend blaue Farbtöne auf. Ist zudem die Oberfläche des Substrats 11 rau, was bei Papier immer der Fall ist, dann verstärkt sich die Überlappung verschiedener Spektralfarben weiter. Die Aufweitung einer Spektralfarbe infolge der Rauigkeit der Oberfläche eines typischen Papiers beträgt nämlich etwa  $\pm 5^\circ$ , d.h. das Licht einer  
25 Spektralfarbe wird nicht nur unter dem Beugungswinkel  $\theta$ , sondern etwa unter den Winkeln  $\theta - 5^\circ$  bis  $\theta + 5^\circ$  gebeugt. Die Mischfarben weisen wegen der hohen Linienzahl noch immer erkennbare Farbtöne auf. Die beschriebenen Effekte bleiben daher selbst bei ausgedehnter Lichtquelle und rauher Oberfläche des Substrates 11 qualitativ erhalten.

In der nullten Beugungsordnung, d. h. bei Spiegelreflexion, sind unterschiedliche Farben und Farbschattierungen erkennbar, die im obigen Beispiel ebenfalls ein konzentrisches Muster bilden. Wird der  
30 Einfallswinkel  $\phi$  und somit der Beugungswinkel  $\theta = \phi$  der nullten Ordnung verändert, so erfahren die konzentrischen Farbringe eine radiale Bewegung, da die wirksame optische Profiltiefe beim Kippen wiederum ändert.

Das Flächenmuster 1 verändert auch in vorbestimmter Weise die Polarisierung des gebeugten und reflektierten Lichts 13 (Fig. 1). Die Fig. 3d zeigt die Intensitäten des in die erste Beugungsordnung  
35 gebeugten Lichtes für die Wellenlänge 550 nm in den beiden Polarisierungsebenen senkrecht



- (ausgezogene Linie 28) bzw. parallel (gestrichelte Linie 29) zu den Gitterfurchen 14 (Fig. 1), welche in der Summe die Intensitätskurve der Fig. 3b ergeben. Ist die Stellung eines über das Flächenmuster 1 gehaltenen Polarisationsfilters für das Licht gemäss der ausgezogenen Kurve eingestellt und wird anschliessend die Stellung des Polarisationsfilters um  $+90^\circ$  verändert, geht für den Beobachter das
- 5 Muster der hellen Ringe gemäss der ausgezogenen Kurve in das Muster entsprechend der gestrichelten Kurve über. Betrachtet also ein Beobachter das Flächenmuster 1 (Fig. 1) bei senkrecht einfallendem Licht unter einem Winkel von etwa  $45^\circ$  durch das Polarisationsfilter, so wird er beobachten, wie sich das Flächenmuster 1 als ein von der Stellung des Polarisationsfilters abhängiges Helligkeitsmuster darstellt, d.h. die Anzahl und die Lage der konzentrischen Ringe variiert beim Drehen des Polarisationsfilters.
- 10 Analog wird er auch in der nullten Beugungsordnung, d.h. in Spiegelreflexion, eine von der Stellung des Polarisationsfilters abhängige Anordnung von konzentrischen Farbringen erkennen.

### Beispiel 2

- Bei einem weiteren Flächenmuster 1 (Fig. 1) weisen die Reliefstrukturen 9 im Kreis 15 (Fig. 2) sägezahnförmige Furchen 14 (= "Blazegitter") auf, wobei die geometrische Profilhöhe  $h_g$  der Furchen 14 mit
- 15 einer Sinusfunktion  $\sin\left(\frac{2\pi}{D}y\right)$  moduliert ist. Die geometrische Profilhöhe  $h_g$  ist dann gegeben durch

$$h_g(x, y) = h_0 \cdot \left(1 + \beta \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{D}y\right)\right), \quad (2)$$

- wobei  $\beta$  eine Zahl zwischen 0 und 1 und  $h_0$  eine Konstante ist. Die minimale und die maximale optische Profilhöhe  $h$  der Furchen 14 betragen 500 nm bzw. 1500 nm. Die Periode  $D$  der modulierenden Sinusfunktion liegt typisch im Millimeterbereich. Die Linienzahl  $L$  dieses Blazegitters ist mit etwa 330
- 20 Linien/mm vergleichsweise klein gewählt. Die Fig. 5a bis 5c zeigen die Intensität des in verschiedene Beugungsordnungen gebeugten Lichtes in Funktion der optischen Profilhöhe  $h$  bei senkrechtem Einfall des Lichtes 10, d.h.  $\phi = 0$ , auf das Flächenmuster 1. Unter dem Beugungswinkel  $\theta = 25^\circ$  wird das Licht im sichtbaren Wellenlängenbereich in die zwei Beugungsordnungen  $m=2$  und  $m=3$  mit höchster Intensität gebeugt, wenn die optische Profilhöhe  $h$  etwa im Bereich von 500 bis 800 nm liegt. Unter dem
- 25 Beugungswinkel  $\theta = 55^\circ$  weisen jedoch die drei Beugungsordnungen  $m=4$ ,  $m=5$  und  $m=6$  höchste Intensität auf, wobei die optische Profilhöhe  $h$  etwa im Bereich von 1100 bis 1300 nm liegen muss. Unter dem Beugungswinkel  $\theta = 75^\circ$  schliesslich treten die drei Beugungsordnungen  $m=5$ ,  $m=6$  und  $m=7$  mit der höchsten Intensität auf, wenn die optische Profilhöhe  $h$  etwa im Bereich von 1300 bis 1600 nm liegt. Wegen der sägezahnförmigen Profilform überlappen sich die Beugungswinkelbereiche
- 30 der verschiedenen Beugungsordnungen für gleiche Profilhöhen  $h$  relativ stark, wie die in den Fig. 5 durch die Ausbildung der Kurvenlinien zeichnerisch dargestellt ist. Jeder optischen Profilhöhe  $h$  kann deshalb ein bestimmter Beugungswinkel zugeordnet werden, unter dem Zonen des Flächenmusters 1 mit der entsprechenden optischen Profilhöhe  $h$  am hellsten erscheinen. Diese Zuordnung ist über einen weiten Bereich von Beugungswinkeln  $\theta$  annähernd linear, wie aus der Fig. 6 ersichtlich ist.



Die Modulation der Profilhöhe  $h$  mit einer in  $y$ -Richtung periodischen, hier sinusförmigen, Funktion hat nun zur Folge, dass bei normalen Beleuchtungsverhältnissen die verschiedenen hellen Zonen auf dem Flächenmuster 1 helle und dunkle Streifen sind, die senkrecht zur  $y$ -Achse verlaufen. Anhand der Fig. 7 wird nun das optische Verhalten der Streifen erläutert. Entlang der  $y$ -Achse variiert die Profilform  $A$  gemäss der Gleichung (2). Auf der Ordinate der Fig. 7 sind die optische Profilhöhe  $h$  und entsprechend der in der Fig. 6 dargestellten Kennlinie der Beugungswinkel  $\theta$  eingetragen, unter dem die Streifen mit der Profilhöhe  $h$  am hellsten erscheinen. Wenn der Beobachter das Flächenmuster 1 unter einem Betrachtungswinkel von  $\theta \cong 25^\circ$  betrachtet, erscheinen ihm diejenigen Streifen hell, in welchen die optische Profilhöhe  $h$  einen minimalen Wert aufweist. Pro Periode  $D$  ist somit ein einziger heller Streifen, dargestellt mit einem Punkt  $\bullet$ , sichtbar. Beim Kippen des Flächenmusters 1 um die  $x$ -Achse werden mit zunehmendem Betrachtungswinkel die Streifen sichtbar, die Zonen mit zunehmender Profilhöhe  $h$  entsprechen. Aus der Fig. 7 ist ersichtlich, dass dann pro Periode  $D$  zwei helle Streifen sichtbar sind. Die beispielsweise bei  $\theta \cong 45^\circ$  hell leuchtenden Streifen sind mit einem schwarzen Quadrat  $\blacksquare$  dargestellt. Bei  $\theta \cong 75^\circ$  erscheinen die mit einem Stern  $*$  markierten Streifen hell, die den Zonen mit der maximalen Profilhöhe  $h = 1500$  nm entsprechen. Auch hier gibt es wieder einen einzigen hellen Streifen pro Periode  $D$ . Bei einem Betrachtungswinkel von  $\theta \cong 25^\circ$  sind somit auf dem Flächenmuster 1 helle Streifen im Abstand der Periode  $D$  sichtbar, die durch dunkle Streifen getrennt sind. Bei kontinuierlicher Änderung des Betrachtungswinkels von  $\theta \cong 25^\circ$  auf  $\theta \cong 75^\circ$  teilen sich die hellen Streifen in zwei helle Streifen, die in entgegengesetzter  $y$ -Richtung wandern, bis sie sich bei  $\theta \cong 75^\circ$  mit den benachbarten Streifen wiederum zu einem einzigen hellen Streifen vereinigen. Die bei  $\theta \cong 75^\circ$  sichtbaren Streifen sind gegenüber den bei  $\theta \cong 25^\circ$  sichtbaren Streifen um eine halbe Periodenlänge  $D/2$  versetzt. Da die Spektralfarben der verschiedenen Beugungsordnungen jeweils unter einem anderen Beugungswinkel  $\theta$  auftreten, ist die Farbe der aus einer bestimmten Richtung  $\theta$  erkennbaren hellen Streifen üblicherweise eine Mischfarbe, die zudem leicht vom Betrachtungswinkel  $\theta$  abhängig ist.

Die örtliche differentielle Ableitung der Funktion, mit der die optische Profilhöhe  $h$  moduliert ist, ist nicht konstant. Der Umfang des Modulationstiefenbereichs, welcher unter einem vorbestimmten Betrachtungswinkel  $\theta$  hell erscheint, beträgt in diesem Beispiel etwa 300 nm und ist annähernd unabhängig von der Profilhöhe  $h$ . Somit wirkt sich die Steilheit der Ableitung direkt auf die Breite der hellen Zonen auf, die unter dem Betrachtungswinkel  $\theta$  hell leuchten. Beim Kippen um die  $x$ -Achse ändert sich also nicht nur die Lage der hellen und dunklen Zonen, sondern auch deren Ausdehnung in  $y$ -Richtung entsprechend der Ableitung der modulierenden Funktion.

### Beispiel 3

Dem dritten Beispiel ist ein Gitter  $G$  zugrunde gelegt, dessen Linienzahl mit  $L=500$  Linien/mm derart gewählt ist, dass im sichtbaren Bereich bei senkrechtem Einfall des Lichts 10 (Fig. 1) und glatter Oberfläche des Substrats 11 (Fig. 1) drei Beugungsordnungen auftreten, die winkelmässig getrennt sind: Die erste Beugungsordnung umfasst den Winkelbereich von  $13^\circ$  bis  $19^\circ$ , die zweite Beugungsordnung den



Winkelbereich von  $27^\circ$  bis  $41^\circ$  und die dritte Beugungsordnung den Winkelbereich von  $42^\circ$  bis  $77^\circ$ . Die Furchen 14 (Fig. 1) verlaufen diesmal parallel zur x-Richtung. Die Modulation der optischen Profilhöhe  $h$  des Flächenmusters 1 (Fig. 9) erfolgt entlang der x-Richtung gemäss der in der Fig. 8 gezeigten Funktion  $F(x)$ . Weiter zeigt die Fig. 8 die Intensität des in die erste, die zweite und die dritte Beugungs-  
5 ordnung gebeugten Lichtes, wie es die einfache skalare Theorie ergibt, für die drei Wellenlängen  $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$  (blau),  $\lambda_2 = 550 \text{ nm}$  (grün) und  $\lambda_3 = 650 \text{ nm}$  (rot).

Bei Beleuchtung des Flächenmusters 1 mit einer winkelmässig ausgedehnten Lichtquelle beugt das Flächenmuster 1 in die dem Betrachtungswinkel  $\theta$  zugeordnete Richtung nicht das Licht einer einzigen Spektralfarbe, sondern Mischlicht, das aus mehreren Spektralfarben zusammengesetzt ist. Die allenfalls  
10 vorhandene Rauigkeit der Oberfläche des Substrats 11 verstärkt die Überlappung verschiedener Spektralfarben weiter. Bei einer Linienzahl von  $L=500 \text{ Linien/mm}$  bleiben die drei Beugungsordnungen dennoch winkelmässig annähernd getrennt.

Beim Kippen des Flächenmusters 1 um die x-Achse fällt daher nacheinander Licht der ersten, der zweiten und schliesslich der dritten Beugungsordnung in das Auge des Beobachters. Die drei Fig. 9a - c  
15 zeigen qualitativ die Helligkeitsverteilung des Flächenmusters 1 für die Betrachtungswinkel  $\theta_1 = 16^\circ$ ,  $\theta_2 = 34^\circ$  und  $\theta_3 = 60^\circ$ . Der Beobachter sieht unter diesen ausgewählten Betrachtungswinkeln also in die erste oder in die zweite oder in die dritte Beugungsordnung gebeugtes Licht als Mischfarbe, die von der Ausdehnung der Lichtquelle und der Rauigkeit des Substrates abhängig ist. Diese Mischfarbe variiert in der Regel von Beugungsordnung zu Beugungsordnung.

Wie aus den in der Fig. 8 gezeigten Intensitätskurven ableitbar ist, erscheinen unter dem Winkel  $\theta_1 = 16^\circ$   
20 Zonen 16 hell, deren optische Profiltiefe  $h$  entweder im Bereich des ersten oder des zweiten Maximums der Intensitätskurven der ersten Beugungsordnung liegt. Unter den Winkeln  $\theta_2 = 34^\circ$  und  $\theta_3 = 60^\circ$  sind diejenigen Zonen 17 bzw. 18 hell, deren optische Profiltiefe  $h$  im Bereich des einzigen Maximums der Intensitätskurven der zweiten bzw. dritten Beugungsordnung liegt. Beim Kippen um die x-Achse  
25 wandern somit helle Streifen entsprechend der Modulationsfunktion  $F(x)$  in oder entgegengesetzt zur x-Richtung, wobei sich jeweils insbesondere beim Wechsel von einer Beugungsordnung zur nächsten ein markanter Wechsel der Lage und Breite der hellen und dunklen Streifen einstellt. Gemäss den obigen Angaben sind diese Änderungen deutlich wahrnehmbar, wenn der Betrachtungswinkel von etwa  $19^\circ$  (erste Beugungsordnung) zu etwa  $27^\circ$  (zweite Beugungsordnung) wechselt oder beim Übergang von der  
30 zweiten zur dritten Beugungsordnung den Wert von etwa  $41^\circ$  überschreitet. Die sich von den Ecken des Flächenmusters 1 ausbreitenden dunklen Zonen 19 verbreitern sich beim Kippen jeweils beim Wechsel von einer Beugungsordnung zur nächsten ebenfalls markant, da sich das erste Maximum der Intensitätskurven mit zunehmender Beugungsordnung zu grösseren Profilhöhen  $h$  verschiebt. Beim kontinuierlichen Kippen des Flächenmusters 1 um eine zu seinen Furchen 14 parallele Achse ändert die  
35 Lage der hellen und dunklen Zonen also teilweise stetig (innerhalb einer Beugungsordnung) und teilweise sprunghaft (beim Übergang von einer Beugungsordnung zur nächsten).



Besonders geeignet zur Referenzierung der Bewegung der hellen Zonen ist auch die geometrische Form oder Kontur des Flächenmusters 1. Bei einem ersten, in den Fig. 10a und 10b gezeigten Beispiel variiert die geometrische Berandung des Flächenmusters 1 ebenfalls mit der Periode D: Die Breite  $B(y)$  des Flächenmusters 1 in x-Richtung ist in y-Richtung mit der Periode D moduliert. Die veränderte y-Lage der hellen und dunklen Zonen äussert sich somit zusätzlich entsprechend der Breite  $B(y)$  in einer unterschiedlichen Länge der wahrgenommenen Streifen und kann daher sehr einfach erkannt werden. In der Fig. 10a sind die Streifen 20 dargestellt, die bei Ausgestaltung gemäss dem Beispiel 2 unter dem Betrachtungswinkel  $\theta \cong 25^\circ$  hell leuchten, in der Fig. 10b sind die Streifen 21 dargestellt, die unter dem Betrachtungswinkel  $\theta \cong 75^\circ$  hell leuchten. Wegen der speziellen Kontur des Flächenmusters 1 sind die Streifen 20 markant kürzer als die Streifen 21. Die Kontur des Flächenmusters 1 stellt ein zusätzliches Gestaltungselement dar und die Ausdehnung und die Lage der hellen Streifen widerspiegeln die Kontur des Flächenmusters (1) bei einer Änderung des Betrachtungswinkels  $\theta$ .

Die Berandung kann auf vielfältige Weise erzielt werden: Die das Flächenmuster 1 umschliessende Fläche kann z.B. eine Mattstruktur oder ein Spiegel sein. Weiter kann sie durch lokales Entfernen der Reflexionsschicht 6 (Fig. 1) oder durch nachträgliches Bedrucken mit einer opaken Farbe so verändert werden, dass sie nicht mehr beugungsoptisch wirksam ist. Möglich ist auch ein lokaler Transfer des Flächenmusters 1 auf das Substrat 11 mittels eines Stempels, bei dem nur das Flächenmuster 1, nicht aber die das Flächenmuster 1 umgebende Fläche übertragen werden.

Bei einem zweiten, in der Fig. 11 gezeigten Beispiel stellt das Flächenmuster 1 eine linienartige Fläche dar. Bewegt sich ein Punkt P entlang der Linie in y-Richtung über eine Strecke  $y_1$ , dann bewegt sich der Punkt P in x-Richtung um eine Strecke  $x_1$ , die deutlich grösser, z.B. um einen Faktor 10 grösser, als die Strecke  $y_1$  ist. Beim Kippen ändert sich wiederum die Lage der hellen Zonen des Flächenmusters 1, wobei nun aber eine kleine Änderung der y-Lage der hellen Zonen mit einer grossen Änderung der x-Lage der hellen Zonen gekoppelt ist. Die Verschiebung der hellen Zonen beim Kippen ist deshalb sehr gut als Wanderung eines hellen Punktes oder Flecken entlang der Linie erkennbar.

Die Kombination mehrerer solcher Teilflächen auf einer als Hintergrund dienenden Fläche bildet ein Flächenmuster 1, das Bewegungen heller und dunkler Zonen in mannigfaltiger Art und Weise kombiniert.

Erfolgt die Modulation der Profilhöhe  $h$  mit der Sinusfunktion  $\sin(\vec{k} \cdot \vec{x})$ , so dass die Profilhöhe  $h$  proportional zu  $1 + \beta \cdot \sin(\vec{k} \cdot \vec{x})$  ist, wobei die Länge des  $k$ -Vektors  $\frac{2\pi}{D}$  beträgt und der  $k$ -Vektor mit der x-Achse einen Winkel  $\alpha$  einschliesst, dann verlaufen die Streifen entlang einer Richtung, die mit der x-Achse den Winkel  $\alpha - 90^\circ$  einschliesst und sie wandern beim Kippen des Flächenmusters 1 um die x-Achse entlang der Richtung, die durch den Winkel  $\alpha$  definiert ist. Auch in diesem Fall kann die geometrische Kontur (Form) des Flächenmusters 1 derart an die Bewegung der hellen Streifen angepasst sein, dass deren Länge bei der Bewegung markant ändert.



Die bisher beschriebenen Flächenmuster 1 weisen eine einzige optisch wirksame Fläche auf, in der die Furchen 14 (Fig. 1) des zugrundeliegenden Gitters parallel sind. Es lassen sich nun weitere Flächenmuster mit mehreren nebeneinander angeordneten beugungswirksamen Teilflächen und/oder überlagerten grafischen, z.B. drucktechnisch aufgebracht, Motiven bilden, bei denen die Orientierung der Furchen der Gitter, die Profilform der Gitter und/oder die Art der Modulation der optischen Profilhöhe h unterschiedlich sind, so dass die vorbestimmten Helligkeitsveränderungen derart charakteristisch und für den Menschen leicht im Gedächtnis einprägnant sind, dass die Person auf der Strasse das originale Flächenmuster 1 leicht von Nachahmungen unterscheiden kann.

Die Fig. 12 zeigt ein solches Flächenmuster 1 mit zwei Teilflächen 22 und 23, die ein Kreuz und einen Hintergrund darstellen. Beide Teilflächen 22, 23 weisen eine Gitterstruktur mit derselben Orientierung der Furchen 14 (Fig. 1) und derselben Linienzahl auf. Die Profilhöhe h der Gitterstruktur jeder Teilfläche 22 bzw. 23 ist mit einer periodischen Funktion  $f_1(y)$  bzw.  $f_2(y)$  entlang der y-Achse moduliert. Bei einem ersten Beispiel gilt  $f_1(y) = f_2(y + D/2)$ , d.h. die beiden Funktionen weisen die gleiche Periode D auf, sind aber gegenseitig um eine halbe Periode versetzt. Die grösste Abmessung der Teilfläche 22 in y-Richtung ist bevorzugt ein ganzzahliges Vielfaches der Periode D. Bei einem zweiten Beispiel weisen beide Funktionen  $f_1(y)$  und  $f_2(y)$  die gleiche Periode D und den gleichen Wertebereich der Profilhöhen auf, sind aber in ihrer Form unterschiedlich, z.B.  $f_1(y) = B \left| \sin \left( \frac{2\pi}{D} y \right) \right|$  und  $f_2(y) = B \sin^2 \left( \frac{2\pi}{D} y \right)$ . Dies

hat zur Folge, dass die Zonen unterschiedlicher Helligkeit in den beiden Teilflächen 22, 23 unter bestimmten Kippwinkeln die gleiche Lage haben, sich jedoch beim Kippen verschieden schnell bewegen. Bei einem dritten Beispiel ist die in der Fig. 12 als gegenseitige Berandung der Teilflächen 22 und 23 sichtbare Linie eine dritte Teilfläche 24, die ein Beugungsgitter mit beispielsweise 1200 Linien/mm enthält. Die Linie erscheint in einem vorbestimmten Kippwinkelbereich in wechselnder Farbe und ausserhalb dieses Kippwinkelbereiches als dunkle Linie. An dieser Linie kann sich der Beobachter orientieren, wenn er die Veränderung der hellen und dunklen Zonen beim Kippen verifiziert. Die Linie stellt ein ortsfestes Element dar, dessen Lage sich beim Kippen nicht ändert, so dass es zur Referenzierung der Bewegung der hellen und/oder dunklen Zonen dienen kann.

Die Fig. 13 zeigt ein weiteres Flächenmuster mit als Linien 25 ausgebildeten Teilflächen. Jede Linie 25 weist eine Gitterstruktur mit einer anderen Orientierung der Furchen 14 (Fig. 1) auf. Die Profilhöhe der Gitterstrukturen ist mit einer periodischen Funktion  $f(x, y)$  moduliert. Beim Drehen des Flächenmusters um eine zu seiner Ebene senkrechte Achse leuchtet wenigstens die eine oder andere Linie 25 auf, wobei die Linie 25 entsprechend der Modulation helle und dunkle Zonen gleicher Farbe aufweist, d.h. z.B. als grüne Linie aus unterschiedlich hellen Zonen, also als gestrichelte Linie leuchtet. Die Farbe, in der der Beobachter 12 die Linie wahrnimmt, hängt vom Betrachtungswinkel  $\theta$  ab. Bei einer Änderung des Betrachtungswinkels  $\theta$  ändern neben der Farbe auch die Lage und eventuell die Anzahl der Zonen der Linie, die hell oder dunkel erscheinen. Die Funktion  $f(x, y)$  kann für jede der als Linien 25 ausgebildeten Teilflächen dieselbe oder aber auch unterschiedlich sein. Zudem kann die Funktion  $f(x, y)$  dem linien-



förmigen Element angepasst sein, bsp. derart, dass die Funktion  $f(x, y)$  mit dem Weg entlang der Linie periodisch ist. Es versteht sich von selbst, dass die Funktion  $f(x, y)$  nicht periodisch zu sein braucht.

Die Fig. 14 zeigt ein weiteres Flächenmuster mit den zwei rechteckförmigen Teilflächen 22 und 23.

5 Innerhalb der Teilfläche 22 ist die Profilhöhe  $h$  vom Zentrum des Rechtecks gegen den Rand hin derart symmetrisch festgelegt, dass die Profilhöhe  $h$  entlang konzentrischen, gestrichelt gezeichneten Linien 26 konstant ist. Innerhalb der Teilfläche 23 ist die Profilhöhe  $h$  bezüglich des Zentrums derart symmetrisch gewählt, dass die Profilhöhe  $h$  nur vom Winkel bezüglich der x-Achse, nicht aber vom Abstand vom Zentrum abhängig ist. Die beiden Teilflächen 22 und 23 erzeugen somit beim Drehen und/oder Kippen Muster mit hellen und dunklen Zonen, die einen unterschiedlichen Bewegungsverlauf aufweisen.

10 Bei einer Weiterbildung dieses Flächenmusters ist die von der Teilfläche 22 belegte Fläche in Punkte gerastert, deren Abmessungen höchstens 0.15 mm betragen. Dabei sind die Punkte nach der Lehre des europäischen Patents EP 330 738 alternierend den Darstellungen der Teilflächen 22 bzw. 23 zugeordnet, so dass im kleinen Rechteck 22 die Helligkeitsveränderung beider Muster erkennbar ist.

Bei den beschriebenen Beispielen wurde die optische Profilhöhe  $h$  variiert, indem die geometrische  
15 Profilhöhe  $h_g$  der Reliefstrukturen 9 (Fig. 1) moduliert, der Brechungsindex der die Reliefstrukturen 9 bedeckenden Lackschicht 5 jedoch konstant belassen wurde. Möglich, wenn auch technologisch aufwendiger, ist auch eine Modulation des Brechungsindex der Lackschicht 5 oder eine Modulation des Brechungsindex der Lackschicht 5 und der geometrischen Profilhöhe  $h_g$  der Reliefstrukturen 9, um die gewünschte Modulation der optischen Profilhöhe  $h$  zu erreichen. Eine Brechungsindexmodulation  
20 kann z.B. durch lokales Dotieren der Lackschicht 5 mit einem Farbstoff erreicht werden. Des einfacheren Verständnisses wegen wurden hier bevorzugt Gitterstrukturen mit geradlinigen Furchen beschrieben, obwohl auch gekrümmte Furchen verwendbar sind.

Die Modulation der Profilhöhe  $h$  des Gitters mit entweder einer monoton ansteigenden Funktion oder mit einer periodischen Funktion, wobei die Funktion nicht rechteckförmig ist, erzeugt die beschriebene  
25 kontinuierliche Wanderung von hellen und dunklen Zonen bei einer Änderung des Betrachtungswinkels. Dabei erscheint das Flächenmuster bei gewöhnlichen Beleuchtungsverhältnissen in Abhängigkeit der Linienzahl des Gitters entweder ausgeprägt farbig mit kräftigen Farben oder, z.B. bei Tageslicht oder im Licht einer Lampe oder Neonröhre, achromatisch in einer Mischfarbe.

Die Nachbildung eines erfindungsgemässen Flächenmusters 1 gestaltet sich schwierig. Holografische  
30 Kopierv Verfahren sind nicht in der Lage, die Profilform und die Profilhöhe der Reliefstrukturen 9 (Fig. 1) nachzubilden, so dass eine derartige Kopie gegenüber dem Original veränderte optische Effekte erzeugt. Da die Reliefstrukturen 9 mit der Lackschicht 5 bedeckt sind, sind ihre geometrische Profilhöhe  $h_g$  und ihre Profilform auch nicht direkt messbar. Das Abtragen der Lackschicht 5 ohne Beschädigung oder Zerstörung der Reliefstrukturen 9 ist sehr schwierig. Somit ist auch die exakte Nachbildung praktisch  
35 ausgeschlossen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Flächenmuster (1) mit wenigstens einer Teilfläche (15; 22; 23; 24) mit mikroskopisch feinen, sichtbares Licht beugenden Reliefstrukturen (9), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilfläche (15; 22; 23; 24) bei senkrechter Beleuchtung mit weissem Licht (10) unter einem ersten Betrachtungswinkel  
5 helle und dunkle Zonen (16; 17; 18; 19) aufweist und dass die Ausdehnung und/oder die Lage und/oder die Zahl der hellen bzw. dunklen Zonen (16; 17; 18; 19) beim Kippen des Flächenmusters (1) mit der Änderung des Betrachtungswinkels in einem vorbestimmten Betrachtungswinkelbereich kontinuierlich ändert.
2. Flächenmuster (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein ortsfestes  
10 grafisches oder beugungsoptisches Motiv vorhanden ist, dessen Lage beim Kippen nicht ändert, so dass es zur Referenzierung der Bewegung der hellen und/oder dunklen Zonen (16; 17; 18; 19) dienen kann.
3. Flächenmuster (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausdehnung und/oder die Lage und/oder die Zahl der hellen und dunklen Zonen (16; 17; 18; 19) von der Stellung eines über das Flächenmuster (1) gehaltenen Polarisationsfilters abhängig ist.
- 15 4. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optische Profilhöhe der Reliefstrukturen (9), das ist das Produkt aus der geometrischen Profilhöhe der Reliefstrukturen (9) und dem Brechungsindex einer die Reliefstrukturen (9) bedeckenden Lackschicht (5), mit einer im Vergleich zum Abstand der Furchen (14) der Reliefstrukturen (9) langsam variierenden, nicht rechteckförmigen, Funktion F moduliert ist.
- 20 5. Flächenmuster (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktion F in wenigstens einer vorbestimmten Richtung periodisch ist.
6. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontur des Flächenmusters (1) oder der Teilfläche ein Gestaltungselement darstellt und dass die Ausdehnung und/oder die Lage der hellen Zonen (16; 17; 18) bei einer Änderung des Betrachtungswinkels ( $\theta$ )  
25 entsprechend der Kontur des Flächenmusters (1) bzw. der Teilfläche ändert.
7. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reliefstrukturen (9) das weisse Licht (10) so beugen, dass die hellen Zonen (16; 17; 18) in einem vorbestimmten Betrachtungsbereich im wesentlichen achromatisch erscheinen.
8. Flächenmuster (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reliefstrukturen (9) ein  
30 Gitter bilden, dessen Linienzahl kleiner als 400 Linien/mm ist.
9. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reliefstrukturen (9) das weisse Licht (10) so beugen, dass die hellen Zonen (16; 17; 18) ausgeprägt farbig



aufscheinen.

10. Flächenmuster (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reliefstrukturen (9) ein Gitter bilden, dessen Linienzahl grösser als 800 Linien/mm ist.
11. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Lage  
5 der hellen Zonen beim kontinuierlichen Kippen des Flächenmusters (1) teilweise kontinuierlich und teilweise sprunghaft ändert.
12. Flächenmuster (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reliefstrukturen (9) ein Gitter bilden, dessen Linienzahl zwischen 400 und 800 Linien/mm liegt.
13. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens  
10 zwei helle Zonen (16; 17; 18) beim Kippen des Flächenmusters (1) in entgegengesetzter Richtung wandern.
14. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich wenigstens eine helle Zone (16; 17; 18) beim Kippen des Flächenmusters (1) in zwei Zonen teilt, die in entgegengesetzter Richtung wandern.
15. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das  
15 Flächenmuster (1) aus mindestens zwei Teilflächen (22; 23; 24) besteht, deren helle und dunkle Zonen bei einer Änderung des Betrachtungswinkels in unterschiedlicher Art und/oder mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ändern.
16. Flächenmuster (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das  
20 Flächenmuster (1) oder zumindest ein Teil der Teilflächen (22; 23; 24) als Linien ausgebildet ist.



Fig.1

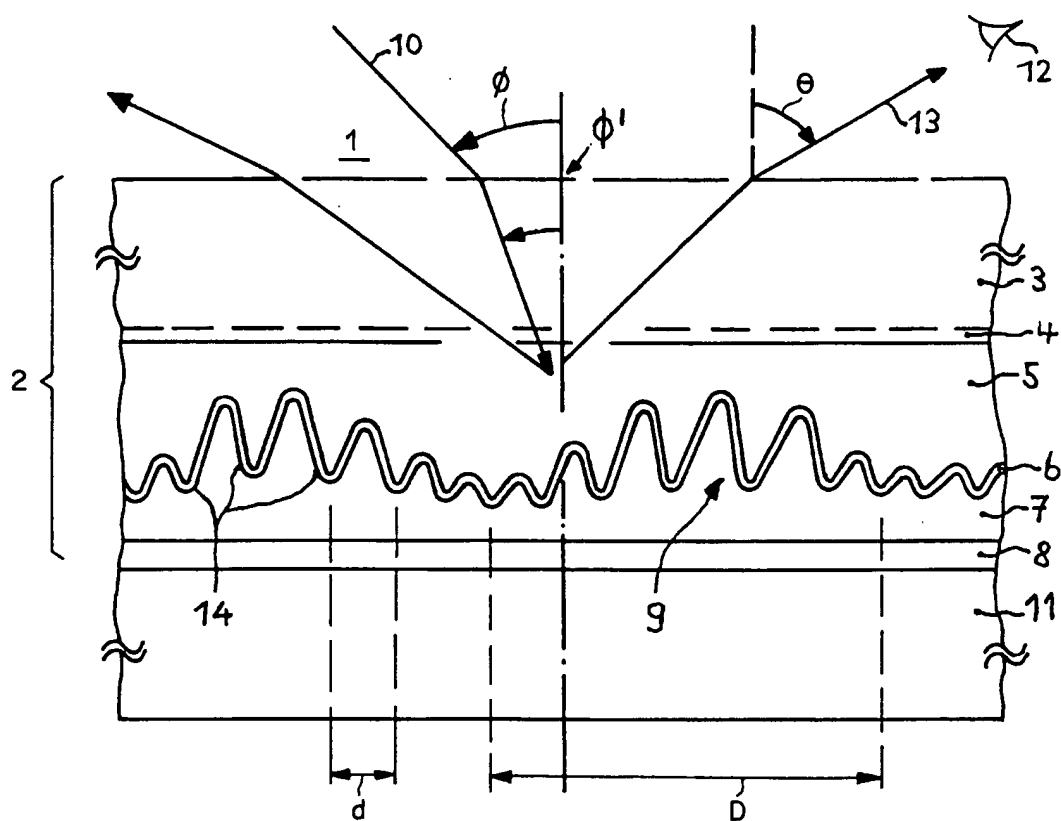
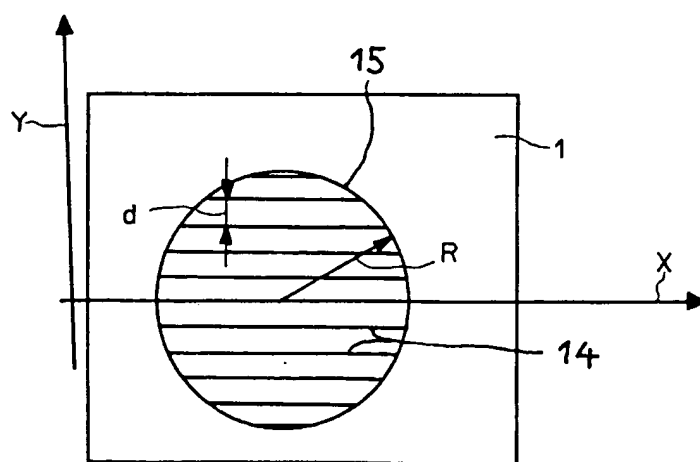


Fig.2





2 / 7

Fig. 3a

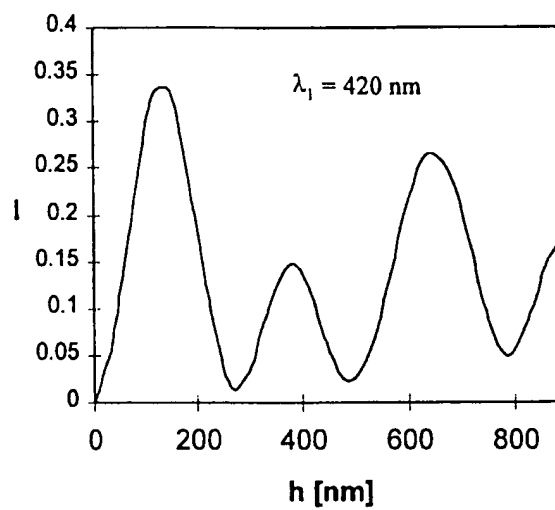


Fig. 3b

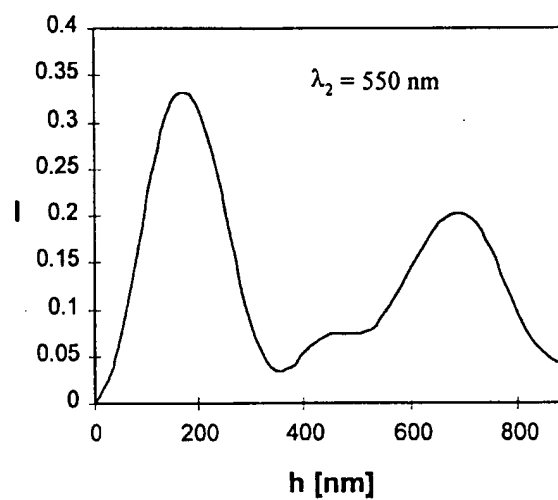
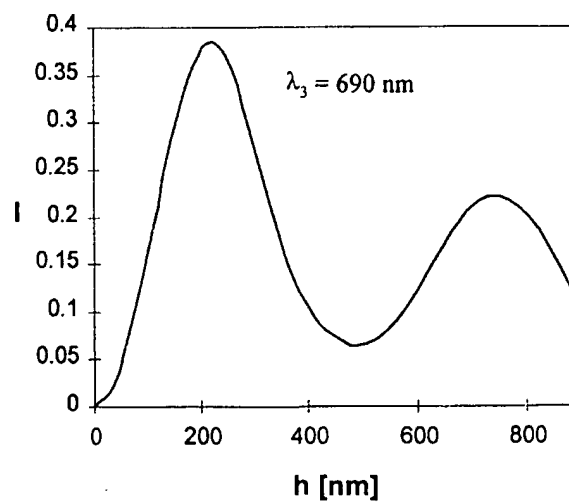


Fig. 3c





3 / 7  
Fig. 3d

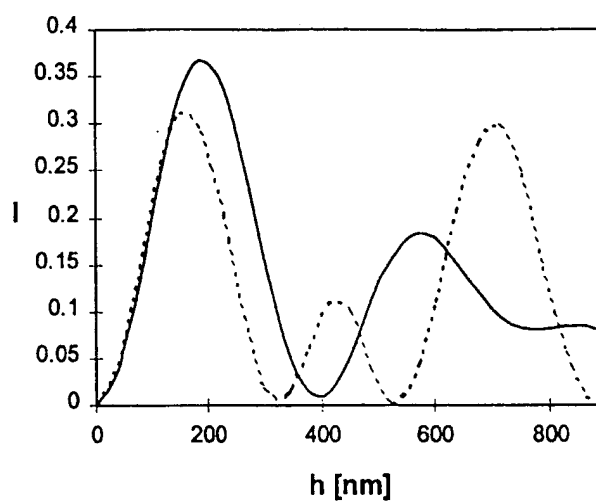


Fig. 4a

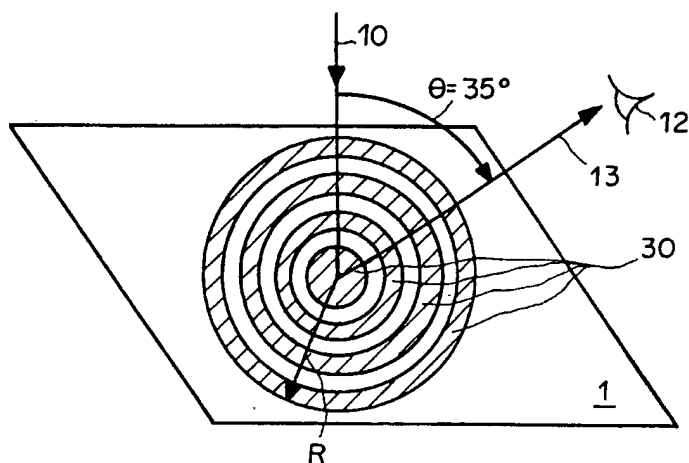
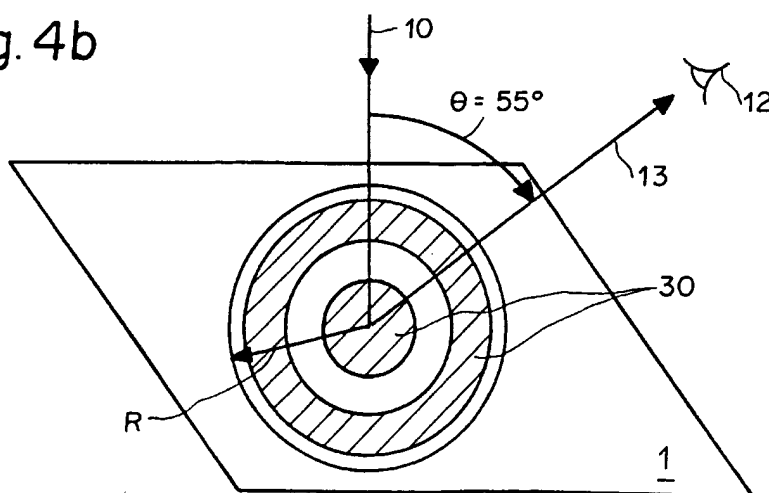


Fig. 4b





4 / 7

Fig. 5a

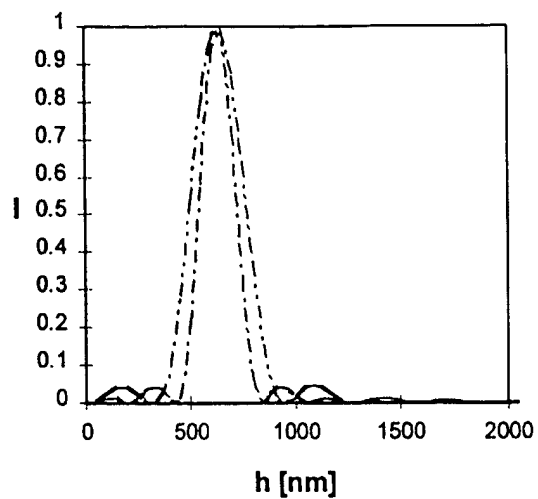


Fig. 5b

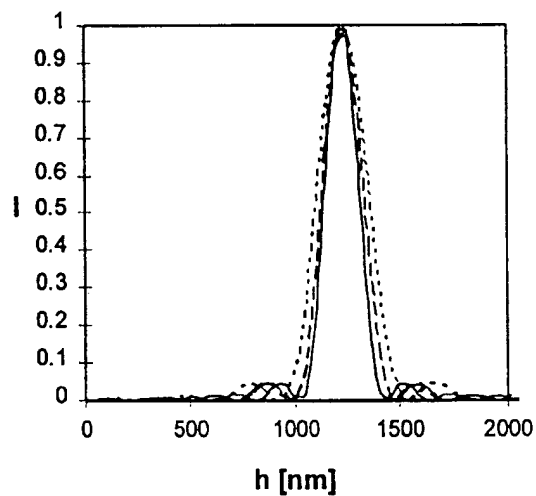


Fig. 5c

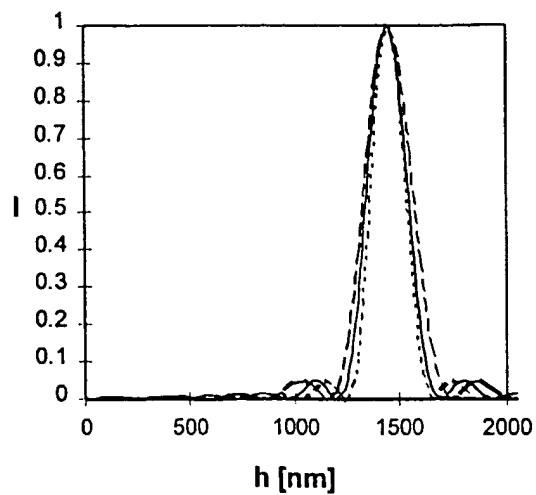




Fig. 6

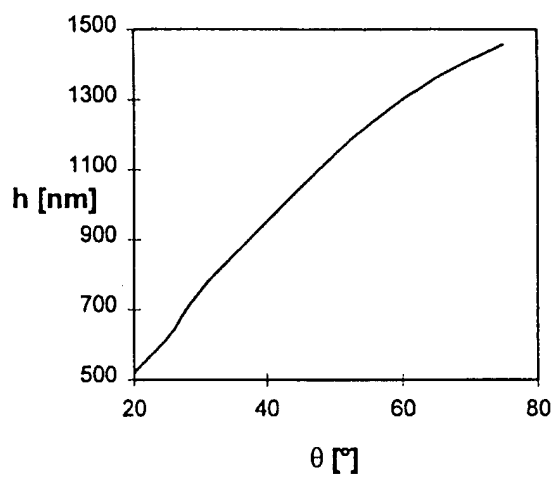


Fig. 7

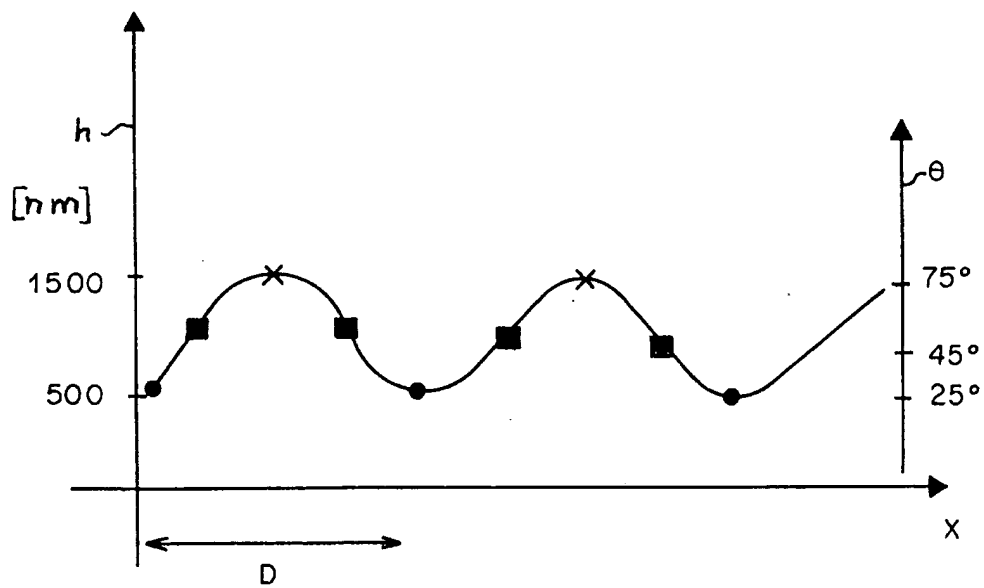




Fig. 8

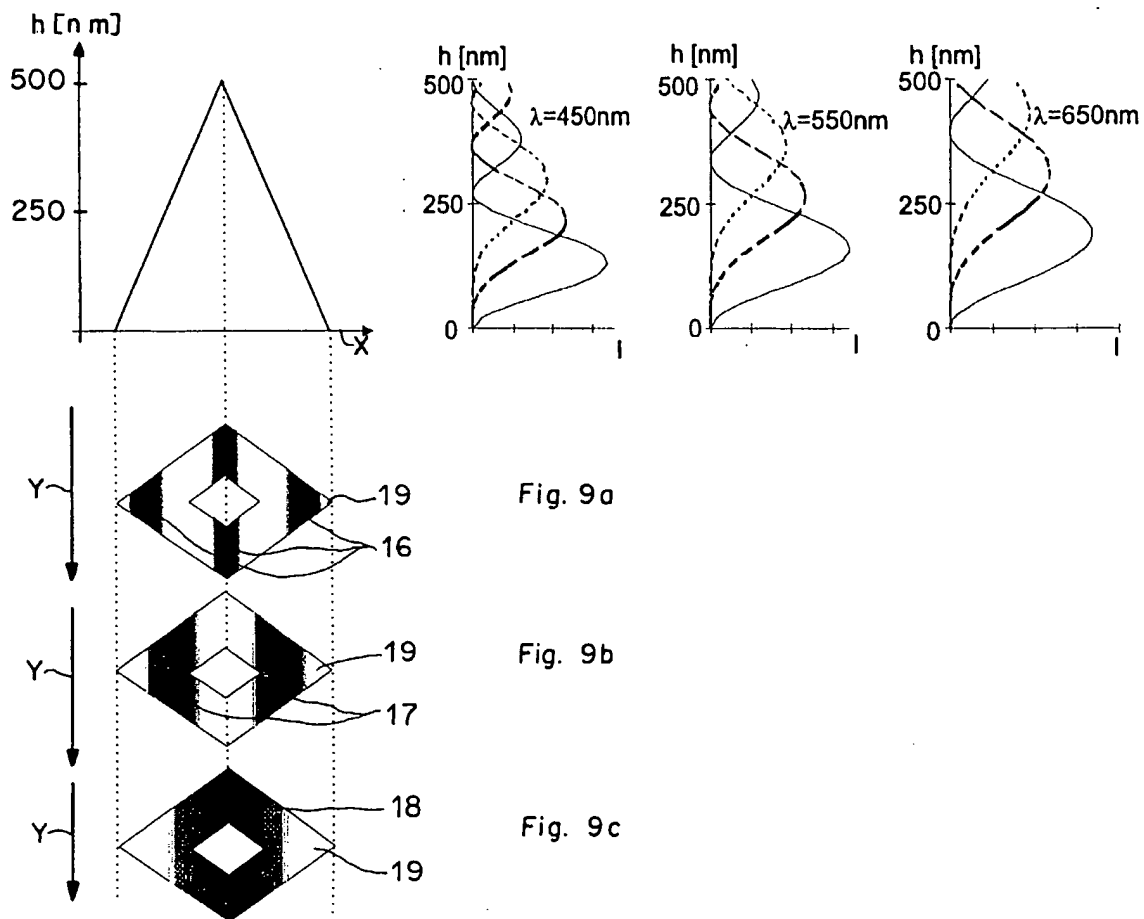


Fig. 10 a

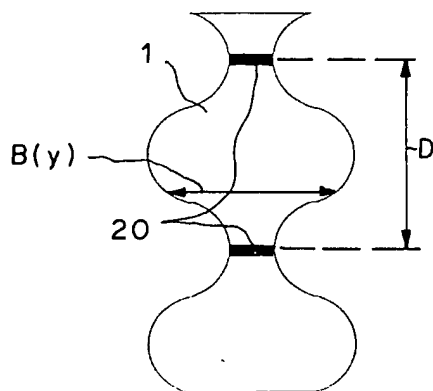
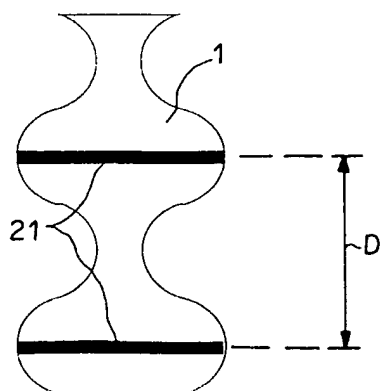


Fig. 10 b





7 / 7

Fig. 11

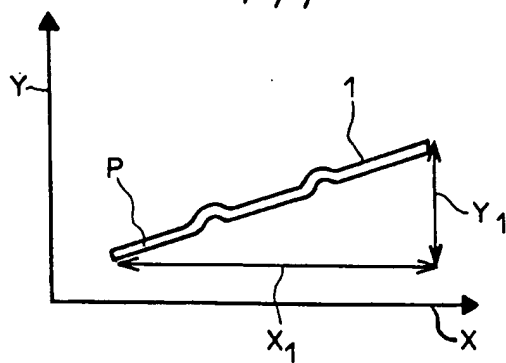


Fig. 12

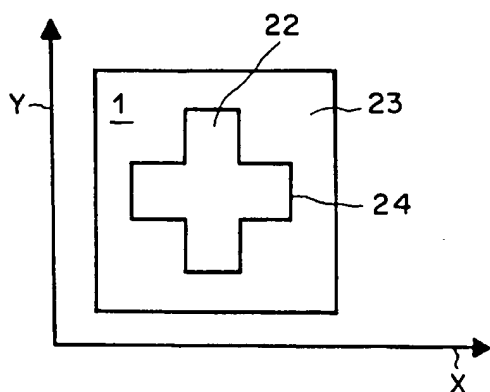


Fig. 13

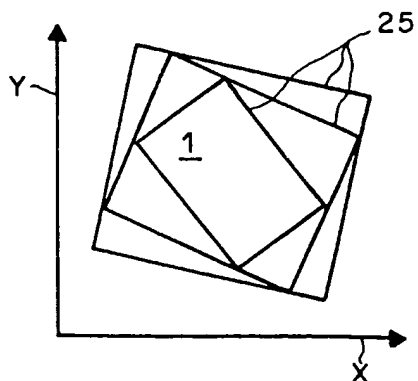
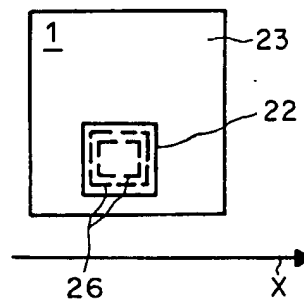


Fig. 14





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 96/05562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 G06K19/16 G06K19/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 238 043 A (GAO GES AUTOMATION ORG) 23 September 1987 see column 4, line 45 - column 7, line 14; figures 1-3	1,6, 11-16
A	EP 0 712 012 A (IBM) 15 May 1996 see column 4, line 19 - column 8, line 34; figures 1-5	2-5,9,10
A	WO 88 05387 A (MANCUSO ROBERT J) 28 July 1988 see page 6 - page 12; figures 1,7-9	7-9, 12-16

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 1997

Date of mailing of the international search report

22.09.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Degraeve, A



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 96/05562

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0238043 A	23-09-87	DE 3609090 A	24-09-87
		AT 124377 T	15-07-95
		DE 3751384 D	03-08-95
		DE 3784257 A	01-04-93
		EP 0490412 A	17-06-92
		US 4892336 A	09-01-90
-----			
EP 0712012 A	15-05-96	CA 2155382 A	10-05-96
		JP 8211215 A	20-08-96
		US 5629070 A	13-05-97
-----			
WO 8805387 A	28-07-88	CA 1293152 A	17-12-91
		US 4932685 A	12-06-90
		US 4968064 A	06-11-90
		US 5074597 A	24-12-91
-----			

BEST AVAILABLE COPY



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/05562

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G06K19/16 G06K19/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G06K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 238 043 A (GAO GES AUTOMATION ORG) 23. September 1987 siehe Spalte 4, Zeile 45 - Spalte 7, Zeile 14; Abbildungen 1-3 ---	1,6, 11-16
A	EP 0 712 012 A (IBM) 15. Mai 1996 siehe Spalte 4, Zeile 19 - Spalte 8, Zeile 34; Abbildungen 1-5 ---	2-5,9,10
A	WO 88 05387 A (MANCUSO ROBERT J) 28. Juli 1988 siehe Seite 6 - Seite 12; Abbildungen 1,7-9 -----	7-9, 12-16

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. September 1997

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22. 09. 97

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Degraeve, A



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/05562

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0238043 A	23-09-87	DE 3609090 A	24-09-87
		AT 124377 T	15-07-95
		DE 3751384 D	03-08-95
		DE 3784257 A	01-04-93
		EP 0490412 A	17-06-92
		US 4892336 A	09-01-90
-----			
EP 0712012 A	15-05-96	CA 2155382 A	10-05-96
		JP 8211215 A	20-08-96
		US 5629070 A	13-05-97
-----			
WO 8805387 A	28-07-88	CA 1293152 A	17-12-91
		US 4932685 A	12-06-90
		US 4968064 A	06-11-90
		US 5074597 A	24-12-91
-----			